

## Глава 13

# Перспективы ядерной физики средних энергий

### 13.1 Наши ”органы чувств”.

Работая с объектами микромира экспериментатор не может наблюдать их непосредственно, с помощью своих органов чувств. Более того, проводя наблюдение (измерение) экспериментатор неизбежно изменяет состояние наблюдаемого объекта. Один из наиболее ярких примеров этому – регистрация нейтральных частиц (фотонов, нейтрино, в ряде случаев – нейтронов): измерение обычно выполняется только в одной пространственно-временной точке и зарегистрировав частицу экспериментатор ее либо ”уничтожает”, либо радикально меняет ее состояние движения. Поэтому заряженные частицы регистрировать и опознавать легче, чем нейтральные.

В самых общих чертах, при регистрации заряженных частиц эксплуатируются явления, возникающие вследствие возмущения атомов или молекул сенсорной среды электрическим полем движущегося заряда, которым обладает частица. Это электрическое поле возбуждает или ионизирует атомы (молекулы) среды, расположенные вблизи траектории частицы. То, что происходит далее, зависит уже

от конкретного типа детектора и его сенсорной среды.

Таким образом, в любом детекторе можно выделить несколько элементов:

1. сенсорную среду, в которой вблизи траектории частицы возникает возмущение ее атомов или молекул;
2. транспортную среду, обеспечивающую транспортировку сигнала о возмущении к регистрирующему элементу. В некоторых детекторах она отсутствует, например – в пузырьковых камерах, камерах Вильсона или в фотоэмульсиях; в других – может совпадать с сенсорной средой (например, рабочая газовая смесь газоразрядных детекторов) либо состоять из разных сред, включая сенсорную (сцинтилляционные счетчики с разнообразными световодами, сцинтилляционные счетчики со сместителями спектра, черенковские счетчики и т. д.).
3. Регистрирующий элемент, преобразующий первоначальный сигнал о возмущении в некоторое макроскопическое возмущение другого вида, поддающееся обнаружению и цифровой обработке. Это последнее может быть неоднородностью в среде (пузырек пара, если сенсорная среда – жидкость, капелька – если среда – пар, зерно серебра в фотоэмульсии после проявления), или электрическим сигналом (от фотодетектора или от электрического разряда), световым сигналом (от электрической искры или стримера) и т. д.
4. Накопитель, где хранится информация о пространственном положении регистрирующего элемента и о характере сигнала, им зарегистрированного. Накопитель информации может совпадать с сенсорной средой (изменившейся после обработки, как фотоэмульсия) или не совпадать с ней (например: фотопленка – в случае пузырьковых камер, память цифрового фотоаппарата, специализированные электронные модули, компьютерная память и т. д.)

Поступившая от детекторов информация обрабатывается далее с целью наиболее полной реконструкции события в системе детекторов и извлечения физической информации. Этот этап в современных экспериментах достаточно длительный и трудоемкий, совершенно немислимый без использования современной компьютерной техники, достаточно изощренного программного инструментария и вычислительных процедур.

Координатные детекторы (годоскопы, пропорциональные или дрейфовые камеры, полупроводниковые детекторы, гранулированные калориметры и т. д.) в первую очередь сообщают нам о том, где прошла частица (как правило, заряженная). Но чтобы опознать частицу, определив ее атрибуты, нужна дополнительная информация о ней. Для заряженных частиц получить эти сведения не слишком сложно. По существу, нужны часы, линейка и магнит. Иногда полезен своеобразный "тонкий" и/или "толстый" калориметр с "термометром" для измерения поглощенной в нем (калориметре) энергии; совместный анализ показаний этих приборов позволяет уверенно отождествить зарегистрированную заряженную частицу.

В самом деле, в "тонком калориметре" измеряется удельное энерговыделение (например – ионизационные потери: по величине появившегося электрического сигнала или по яркости вспышки света), что позволяет определить заряд частицы (зная ее скорость); в "толстом" калориметре измеряется полная энергия этой частицы; комбинируя полученные данные экспериментатор в состоянии, в определенных случаях, найти массу частицы.

Имея линейку, магнит и часы, можно уверенно измерить не только импульс, но и массу частиц единичного заряда, а добавив к ним "тонкий калориметр" – полностью опознать частицу. (Линейкой измеряется пройденный путь и угол отклонения траектории от начального направления в магните, часы дают возможность измерить скорость, направление отклонения траектории в магните говорит о знаке заряда а величина этого отклонения – о величине импульса; комбинируя эту информацию можно вычислить массу, зная заряд).

Например, когда измеряется время пролета ( $\tau$ ) базы  $L$  (либо примерно одной и той же для всех регистрируемых частиц, либо измеряемой для каждой частицы отдельно), нетрудно увидеть, что зная импульс и время пролета можно вычислить массу  $m$  зарегистрированной частицы:

$$m = p \cdot \sqrt{\left(\frac{c}{L} \cdot \tau\right)^2 - 1}, \quad (13.1)$$

где  $c$  – скорость света.

Данные ниже рисунки поясняют принцип определения массы частиц по независимым измерениям их импульса и времени пролета.

Однако измерение времени часами не всегда обеспечивает нужную точность вычисления массы частицы. К счастью, порой достаточно установить только факт того, что скорость данной частицы больше некоторой фиксированной величины – для этого можно ис-

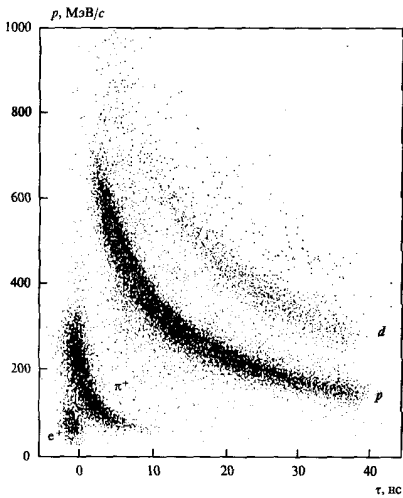


Рис. 13.1. Корреляция между временем пролета на фиксированной базе и импульсом для положительно заряженных частиц [72].

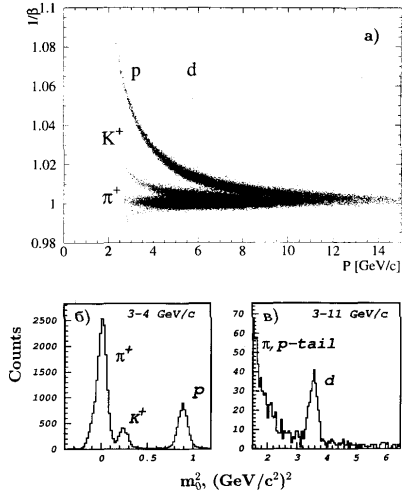


Рис. 13.2. Те же данные - после применения формулы (13.1). На верхней панели - корреляция между импульсом и величиной  $1/\beta$  [72].

пользовать эффект Вавилова-Черенкова), чтобы однозначно ее идентифицировать. Современные черенковские счетчики позволяют измерить даже интенсивность черенковского излучения и его угловое распределение для отдельной частицы, что облегчает задачу идентификации.

Используя различие в типе взаимодействия лептонов и адронов и, соответственно, в величине сечений взаимодействия, экспериментаторы отделяют мюоны и электроны от пионов, например: у них разная проникающая способность, а сами процессы потерь энергии на ионизацию развиваются различным образом. Поэтому, например при высоких энергиях, после достаточно "толстого" фильтра регистрируются, как правило, мюоны или нейтрино, но не пионы. Однако, этот принцип разделения мюонов и пионов не универсален. При промежуточных энергиях, когда скорости частиц таковы, что минимум ионизационных потерь еще не достигнут, задача разделения мюонов и адронов (пионов) не столь проста.

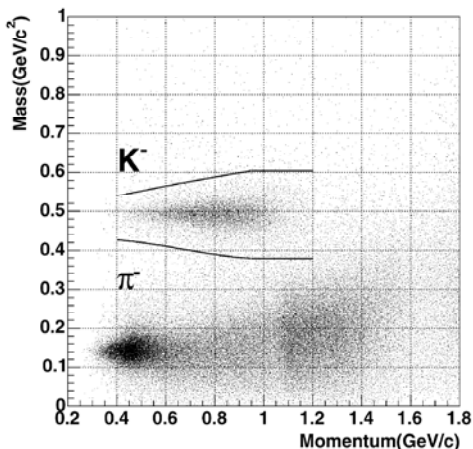


Рис. 13.3. Корреляция между вычисленной массой регистрируемой частицы (ф-ла 13.1) и ее импульсом, из работы [73]. Хорошо видно, как с ростом импульса падает разрешение по вычисленной массе.

Наконец, законы сохранения (электрического заряда, барионного числа, странности и т. п.) и анализ кинематики реакции позволяют достаточно уверенно опознать нестабильные частицы по информации о зарегистрированных продуктах распада. Они же применяются для распознавания конкретной реакции.

Весь этот набор приемов и методов – результат многих лет методических исследований, разработок новых приборов и развития технологии. И наоборот, развитие технологии постоянно стимулируется потребностями эксперимента, поскольку каждый существенно новый эксперимент требует таких новых качеств детекторов или новых материалов, которые еще не существуют или еще не достигнуты в массовом производстве. Поляризационные эксперименты – наиболее яркий пример объединения и использования в одной задаче физических явлений из самых разных областей физики: атомной, физики твердого тела, радиотехники, физики частиц, физики низких температур, термодинамики и т. д.

В современной экспериментальной физике частиц используются комплексы детекторов, совсем непохожие по сложности на установки Резерфорда (хотя по принципу работы детекторов и набору методических приемов измерений сходство есть). Однако важно и то, что

от показаний детекторов до физических характеристик, подлежащих измерению, надо еще уметь правильно дойти. Без современных вычислительных методов и средств это невозможно.

Тесная связь технологии с методикой эксперимента очень хорошо видна на примере эволюции газоразрядных детекторов от счетчика Гейгера до современных "время-проекционных камер" (ТРС, или "time projection chambers").

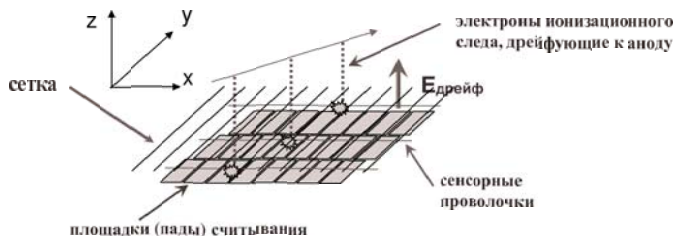


Рис. 13.4. Принципиальная схема время-проекционной камеры.

**Принцип работы детектора ТРС** поясняется на рис. 13.4. По сути дела, время-проекционная камера не что иное, как синтез классической ионизационной камеры с сеткой и пропорциональной камеры. Но ее появление стало возможным именно благодаря современной импульсной электронике.

От ионизационной камеры этот детектор унаследовал дрейфовый объем и сетку, электростатически разделяющую дрейфовый объем и зону регистрации сигнала (рис. 13.4). Электроны ионизиционного следа, возникшие вдоль траектории прошедшей заряженной частицы, дрейфуют к сетке с постоянной скоростью, величина которой определяется напряженностью электрического поля в дрейфовом объеме и свойствами наполняющего этот объем газа. Это время измеряется, что позволяет определить продольную (вдоль электрического поля) координату выбранной точки трека.

Пройдя сетку электроны попадают в зону регистрации. Как правило, эта зона является пропорциональной камерой. Разница между разными вариантами время-проекционных камер лишь в том, как организовано измерение обеих координат проекции трека на плоскость регистрации.

В данном примере это делается следующим образом. В зоне регистрации натянуты, как и в пропорциональной камере, сенсорные проволочки. Электростатическое поле, будучи практически однород-

ным у сетки, концентрируется у проволочек (как и в пропорциональной камере). Поэтому электроны в зоне действия данной сенсорной проволоки собираются к ней и вблизи нее развивается пропорциональный разряд. При этом на расположенной вблизи зоны разряда площадке регистрации наводится сигнал, который и регистрируется. Тем самым, по номеру площадки регистрации, определяются координаты  $(x, y)$  области трека, спроецированного на плоскость сенсорных проволок. Амплитуда сигнала пропорциональна количеству собранных с трека в эту зону электронов, то есть, величине ионизационных потерь на этом участке трека. Время появления сигнала с данной площадки определяет продольную координату "центра тяжести" соответствующего участка трека. Вся полученная в совокупности информация позволяет не только реконструировать трек, но и провести идентификацию частицы, создавшей ионизационный след, используя измеренную величину удельных ионизационных потерь (конечно, если эта частица имеет скорость ниже той, что соответствует минимальным потерям на ионизацию).

На рис. 13.5 показано реконструированное реальное событие взаимодействия фотонов с протонами в эксперименте на фотонном пучке электронного синхротрона (SPRING-8, Япония). Установка LEPS на этом пучке создана по инициативе физиков Исследовательского центра ядерной физики (RCNP) университета Осаки.

Плоскость регистрации (рис. 13.5) видна на первом плане. На ней видны проекции треков на эту плоскость. Примакающий к ней цилиндрический объем обозначает область расположения жидководородной мишени, вставляемой во внутреннюю полость ТРС. Размер отдельных элементов трека в плоскости  $(x, y)$  определяется размером регистрирующей ячейки, а оттенок (степень затемнения) отражает величину амплитуды сигнала, зарегистрированного ячейкой (чем больше электронов собрано ячейкой, тем больше амплитуда сигнала и оттенок более темный).

Можно сравнить время-проекционную и пузырьковую камеры. В принципе, они похожи. И в том, и в другом приборе регистрируется ионизационный след заряженной частицы: либо через образованные вдоль него пузырьки, либо прямой регистрацией электронов этого следа. Однако разница между ними очевидна. **Важнейшие преимущества** ТРС – управляемость (информация считывается только при появлении триггерного сигнала, тогда как пузырьковая камера срабатывает один раз в несколько секунд независимо от того, случилось ли нужное событие или нет), быстродействие (если в

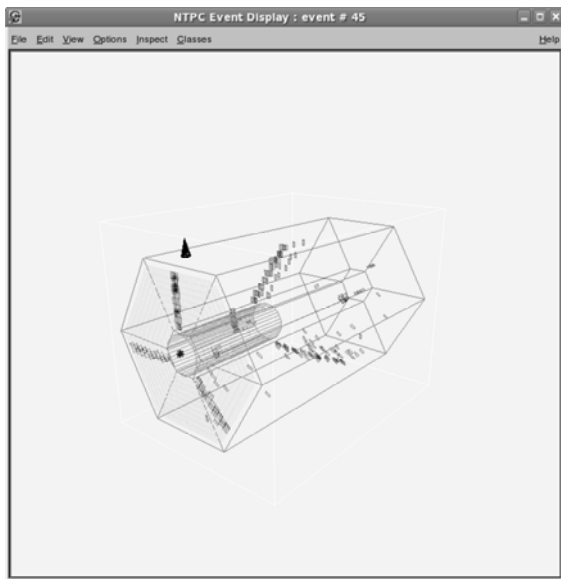


Рис. 13.5. Пример события, зарегистрированного во время-проекционной камере установки LEP5, созданной для изучения взаимодействия фотонов высокой энергии с протонами, дейтронами и ядрами. В данном случае изучались  $\gamma p$  взаимодействия.

пузырьковой камере оказалось в момент срабатывания более десятка пучковых частиц, то разобраться в зарегистрированной картине обычно невозможно), тогда как ТРС способна работать практически непрерывно, причем прибор можно построить так, чтобы он загружался только продуктами взаимодействия. Наконец, стенки ТРС имеют малую радиационную толщину и поэтому этот прибор может быть окружен другими детекторами, работая совместно с ними, тогда как стенки пузырьковых камер слишком "толстые" для этого.

С другой стороны, на сегодняшний день пространственное разрешение ТРС уступает разрешению пузырьковых камер. В первую очередь, это обусловлено экономикой: числом каналов регистрации и их стоимостью.

Современные детекторы частиц рассмотрены довольно подробно в книге [74].



## 13.2 Ближайшие перспективы современной физики релятивистских ядер.

В последние два десятилетия в ядерной физике, взятой в целом, произошли сильные изменения в направлениях исследований. Это вызвано как внешними причинами (в первую очередь – изменениями в технологиях, на которые опирается инструментальная база экспериментальной ядерной физики), так и внутренними, связанными с расширением наших знаний о ядрах и элементарных частицах. На первый план, потеснив проблему существования ”стабильных”<sup>1</sup> сверхтяжелых ядер, поставленную более сорока лет тому назад и решенную совсем недавно, вышли задачи, связанные со свойствами сильно взаимодействующей материи (это не обязательно вещество, составленное только из нуклонов) при нормальных и высоких плотностях, ”нормальной” и высокой температурах. Иными словами, изучение сильно взаимодействующей адронной (КХД) материи становится главным предметом исследования в физике тяжелых ионов средних и высоких энергий, что отражается в общей тенденции последних десятилетий к унификации программ исследований в физике частиц и в ядерной физике при релятивистских энергиях.

Главный, доступный ныне метод экспериментального изучения сильно взаимодействующей КХД материи – рассеяние ядер. При этом можно выделить три характерные стадии: (1) образование (рождение) такой материи, (2) ее эволюция (например, от горячего и плотного состояния к разреженному и холодному, где уже могут появиться адроны) (3) появление регистрируемых в эксперименте адронов (адронизация) и конденсация в адронную или ядерную материю (рис. 13.6).

Общей для этих стадий особенностью является то, что на каждой из них приходится с неизбежностью иметь дело с проблемами непертурбативного характера. В разных типах реакций приходится иметь дело с разными аспектами этих трех стадий. Например, в любом неупругом рассеянии рождение частиц происходит в различном окружении: в столкновениях ”частица-частица” образование новых частиц происходит в области, погруженной в физический вакуум, тогда как в ядро-ядерных столкновениях оно происходит в областях, погруженных в сильно взаимодействующую КХД среду (где, кстати,

---

<sup>1</sup> Конечно, стабильных в масштабе характерного времени реакций, идущих вследствие сильных взаимодействий.

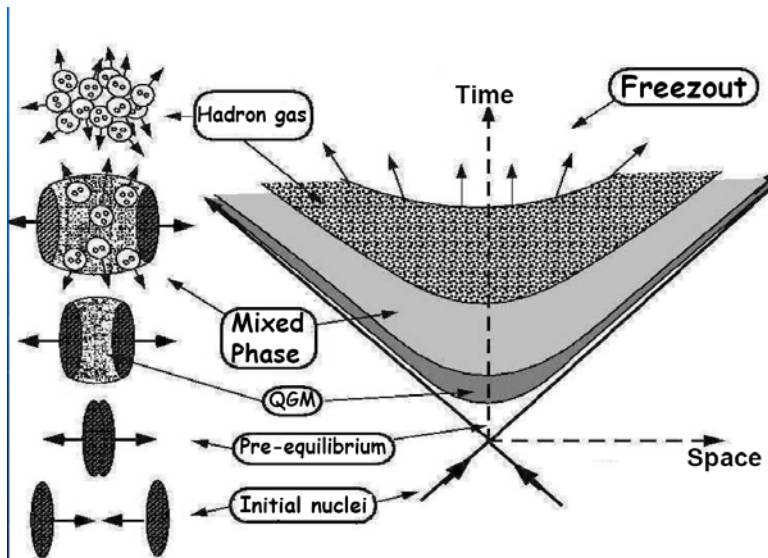


Рис. 13.6. Популярное представление образования сильно взаимодействующей КХД материи при столкновении релятивистских ядер (движутся почти по световому конусу) на пространственно-временной диаграмме. За начало отсчета времени (произвольно) принят момент, когда линия, соединяющая центры масс сталкивающихся ядер перпендикулярна линии, на которой лежит импульс одного из ядер; начало отсчета пространственных координат совпадает с координатами точки наибольшего сближения сталкивающихся ядер (для симметричного столкновения (одинаковые ядра) она совпадает с координатами центра масс системы двух ядер).

некоторые спонтанно нарушенные симметрии могут оказаться восстановленными). Поэтому изменение свойств частиц в среде становится в настоящее время "горячей" темой (могут быть разными в холодной и горячей, плотной и разреженной материи как структурные функции частиц, так и спектры частиц и/или ширины резонансов); адронизация кварков (функции фрагментации) на конечной стадии эволюции КХД вещества также происходит в различном окружении, и т. д. и т. п.

Изучение сильно взаимодействующей адронной (КХД) материи прежде всего подразумевает установление диаграмм состояний (фа-

зовых диаграмм) ядерной материи и нахождение границ, разделяющих разные фазы (т. е. границ, где происходят фазовые переходы – если они вообще происходят).

Согласно современным теоретическим представлениям ожидается, что существуют следующие различные фазы сильно взаимодействующего КХД вещества: адронное вещество, плотное барионное вещество, кварк-глюонная плазма. Вполне возможно, что есть и другие фазы.

При низких энергиях исследуется обычная ядерная материя при нормальной (или низкой) плотности и ее уравнение состояния. Намного хуже исследована область больших плотностей и/или высоких температур. Именно эта область может быть прощупана с помощью тяжелых ионов высоких энергий.

Особо интригующей темой сегодня является вопрос о том, существует ли хотя бы одна критическая точка на диаграмме состояний сильно взаимодействующей адронной (КХД) материи.

Другой, не менее интересный, вопрос обусловлен тем, что эволюция горячей и плотной адронной материи может заканчиваться стадией "ароматизированной" барионной материи, обогащенной гиперонами и странными мезонами. Стабилизирующая роль странности в ядерной материи сегодня является одной из наиболее интересных и не слишком исследованных тем; яркий пример дают нейтроноизбыточные легчайшие гипер-ядра.

Наконец, весьма интересен и вопрос о начальной стадии формирования сильно взаимодействующей КХД материи, где заметную роль могут играть электромагнитные взаимодействия (из-за высокого заряда сталкивающихся ядер и наличия магнитных моментов у нуклонов, как и у конститuentных кварков). По теоретическим оценкам, напряженности магнитного поля, например, в области столкновения ядра с ядром, могут достигать чудовищных величин (на пару порядков выше, чем на поверхности т. н. магнетаров): порядка  $10^{17}$  гаусс. Это может приводить к интереснейшим и неожиданным наблюдаемым эффектам, а пространственно-временную диаграмму рис. 13.6 может быть, следует представлять так, как было показано на рис. 2.10.

Итак, экспериментальное изучение в ядро-ядерных столкновениях горячей и плотной, сильно взаимодействующей материи с поиском сигналов о смешанной фазе и критической точке будет в ближайшее десятилетие главным стратегическим направлением в физике тяжелых ионов высоких энергий. Поэтому можно ожидать, что как

сегодня, так и в ближайшее время, развитие ядерной физики средних энергий в целом будет определяться работами над следующими проблемами.

- Свойства ядерной материи при высоких плотностях, уравнение состояния. Проявления ненуклонных степеней свободы ядерной материи, в том числе – кварк-глюонных.
- Поиск фазовых переходов и возможной критической точки на фазовой диаграмме сильно взаимодействующей адронной материи. Поиск возможных сигналов деконфайнмента и/или восстановления киральной симметрии. Многие теоретические модели, включая КХД-вычисления на решетке, указывают, что в области энергий (в системе центра масс, в расчете на нуклон)  $\sqrt{s_{NN}} = 4 - 9$  ГэВ для столкновений, например,  $Au - Au$  или  $U - U$ , может находиться критическая точка (по крайней мере - одна) для сильно взаимодействующей квантово-хромодинамической материи.
- Свойства элементарных частиц и резонансов в ядерной среде.
- Отклик ядерного вещества на высокие возбуждения, проявления внутренней структуры частиц при малых расстояниях между ними.
- "Экзотические" ядра, в том числе с протяженной нейтронной (или протонной) оболочкой и гипер-ядра [61].
- Релятивистские составные системы и проблема их теоретического описания.
- Среди вопросов, характерных для традиционной ядерной физики (структура ядер и ядерная материя) внимание исследователей сосредоточено сегодня на следующих направлениях:
  - Изучение механизмов образования сверхтяжелых ядер и свойств этих ядер.
  - Распределение вещества в ядрах (протонов, нейтронов); селективное возбуждение уровней; распределения зарядов, распределения токов.
  - Механизмы возбуждения ядерных уровней. Функции отклика на разные типы возбуждений разными пробниками.

- Ядерные силы при "средних" и "малых" расстояниях между нуклонами. механизмы рождения частиц (мезонов, барионов), коллективные (в широком и узком смысле) явления.
- Спектроскопия элементарных частиц; экзотические частицы.
- Многонуклонные взаимодействия и многонуклонные (в первую очередь – трехнуклонные) силы.
- Механизмы рождения частиц вблизи их порогов. Метрологические задачи определения феноменологических констант, необходимых как для традиционной ядерной физики, так и для физики высоких энергий.

### **Поляризационные явления при средних энергиях.**

Собственный момент количества движения частиц и ядер (спин) является одной из их важнейших фундаментальных характеристик, таких же, как масса, заряд, четность, изоспин, странность и т. п. Если бы нуклоны и электроны не имели спина, не было бы, например, сложных атомных ядер и атомов (достаточно вспомнить о принципе Паули и статистиках Ферми и Бозе-Эйнштейна). Не исключено, что именно явления, обусловленные спином электронов и ядер, имели и имеют решающее значение для зарождения и существования жизни.

Долгое время в физике частиц поляризационным явлениям уделялось много меньше внимания, чем в атомной физике и оптике: как по субъективным, так и по вполне объективным причинам. Эта ситуация кардинально изменилась в конце прошлого века. Оказалось, что при высоких энергиях поляризационные эффекты не исчезают и не малы, и одной из центральных проблем физики частиц стала т. н. проблема спинового кризиса, то есть, поиск ответа на вопрос о происхождении спина нуклонов.

Решающую роль в том, что и экспериментаторы, и теоретики обратились к интенсивному изучению поляризационных явлений в физике частиц и ядерной физике средних энергий сыграл прогресс в технологиях приготовления поляризованных пучков и поляризованных мишеней. Именно:

- Благодаря методическим и техническим достижениям в физике и технике источников поляризованных частиц стало возможным иметь высокие интенсивности и высокие степени поляризации пучков.

- Прогресс в теории и практике эксплуатации ускорителей дал возможность создавать ускорители нового поколения (с жесткой фокусировкой, электронным или стохастическим охлаждением пучка) и ускорять поляризованные частицы до высоких энергий, преодолевая деполяризующие резонансы благодаря изобретению способов сохранения поляризации во время ускорения (пример: "сибирские змейки"). Были изобретены поляризованные внутренние мишени с накопительными трубками, позволившие существенно повысить светимость для поляризационных экспериментов.
- Изобретение способов "заморозки спина" в мишенях и нахождение новых материалов для поляризованных мишеней позволили строить поляризованные мишени больших размеров с высокой степенью поляризации рабочего вещества.

В итоге, "удельный вес" исследований поляризационных явлений при средних и высоких энергиях существенно вырос по сравнению с уровнем шестидесятых-семидесятых годов прошлого века. Такие исследования составляют второе, интенсивно развивающееся, стратегическое направление в физике частиц и ядерной физике средних энергий.

### 13.3 Заключение.

Есть немало проблем фундаментальной важности, составляющих предмет физики средних (или переходных, промежуточных) энергий. В экспериментальных работах акцент сместился на прецизионные (как в смысле статистической, так и систематической точности) данные, особенно при энергиях вблизи порогов рождения частиц.

На ближайшие два-три десятилетия главным стратегическим направлением в ядерной физике становится физика тяжелых ионов высоких энергий и экспериментальное изучение в ядро-ядерных столкновениях горячей, плотной, сильно взаимодействующей материи, с поиском сигналов о фазовых переходах, смешанной фазе, критической точке (или точках).

Исследования в области промежуточных энергий имеют и менее фундаментальное, но ничуть не менее важное значение для общества также и в других отношениях. Здесь заслуживают внимания:

- Работы прикладного характера для нужд физики высоких и сверхвысоких энергий: калибровка детекторов и других устройств. (Сюда можно отнести, например, калибровку поляриметров, разработку и методические исследования детекторов частиц и т. д.).
- Поиски путей решения проблемы трансмутации элементов (проблема переработки радиоактивных отходов): здесь наличию два аспекта: прикладной и фундаментальный (механизмы расщепления ядер).
- Применение ядерных и протонных пучков в биологии и медицине, в том числе – для радиационной терапии.

Перспективы развития этих ветвей физики ядра и частиц целиком определяются наличием и состоянием развития ее инструментальной базы: ускорителей и детекторов (включая элементную базу для электроники регистрации, компьютерную базу и программный инструментарий для анализа данных и вычислений).

### **Фундаментальная наука: нужна ли она обществу и зачем?**

Удивительно, но до сих пор продолжается странная дискуссия о том, нужна ли нашему российскому обществу фундаментальная наука, хотя вполне достаточно оглядеться в собственном жилище, сделав это внимательно и вдумчиво, чтобы ответить на этот вопрос утвердительно.

Однако, обсуждая подобные темы сегодня, нельзя не коснуться вопросов и о том, как понимать ”интернациональность” науки? В каком отношении (или смысле) она действительно интернациональна, и в каком смысле она все же национальна? Как интернациональное и национальное соотносятся между собой, в какой пропорции?

Поскольку ”нет пророка в своем отечестве”, и российские менеджеры-управленцы до сих пор более склонны прислушиваться к высказываниям конкурентов нашей страны и следовать их советам и рецептам, нежели рекомендациям своих собственных специалистов, нелишне обратить внимание на то, что эти конкуренты говорят о соотношении интернационального и национального во внутренней политике своих стран по отношению к фундаментальной науке.

Вот одна весьма примечательная цитата <sup>2</sup>:

” ... Мы считаем важным инвестировать средства в фундаментальные науки, поскольку они дают технику и технологии, важные для нашей экономики.

Так что мы не возражаем против таких инвестиций. Наш конгресс щедро поддерживает науку, а президент в послании ”О положении страны” в нынешнем году выдвинул несколько новых научных инициатив.

Мы считаем, что должны сохранять технологическое лидерство. Конечно, результаты фундаментальных исследований общедоступны для всех стран. **Но чтобы пользоваться плодами таких исследований, необходимо вкладывать средства в инфраструктуру НИОКР, в подготовку квалифицированных кадров, во внедрение разработок фундаментальной науки. .... ”**

Еще одна цитата (из речи президента Франции Н. Саркози на открытии 35-й Международной конференции по физике высоких энергий (т. н. Рочестерской), состоявшейся в Париже в июле 2010 года):

**”Страна, которая не дает главный приоритет фундаментальным исследованиям, допускает историческую ошибку.”**

Эта формула полностью согласуется со сказанным Екклезиастом.

---

<sup>2</sup> 26.05.2006 ИТАР-ТАСС, сообщение о выступлении в С.-Петербурге тогдашнего советника президента США по науке, начальника Управления Белого дома по научно-технической политике Джона Марбургера.